

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/086481 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/31
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004076
- (22) 国際出願日: 2004 年 3 月 24 日 (24.03.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-083692 2003 年 3 月 25 日 (25.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 Kyoto (JP). 株式会

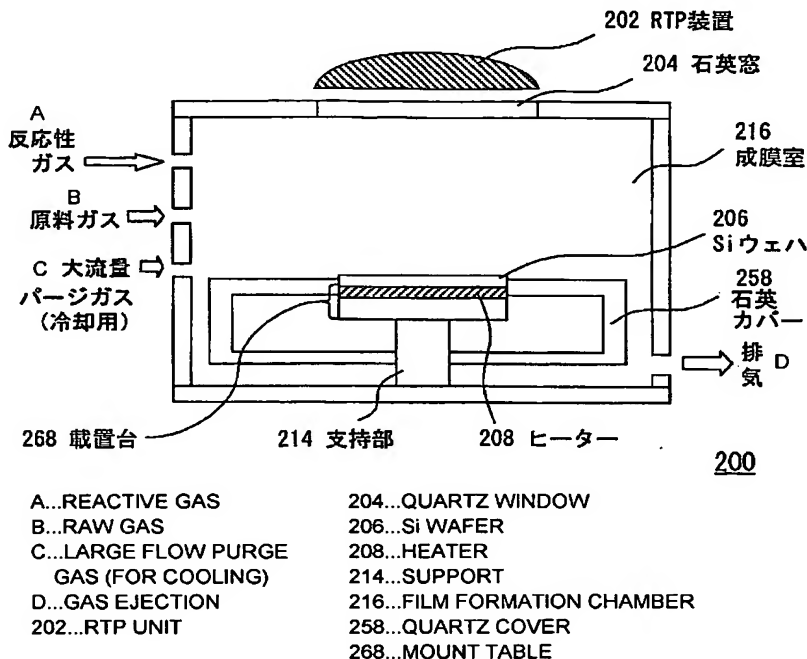
社ルネサステクノロジ (RENESAS TECHNOLOGY CORP.) [JP/JP]; 〒1006334 東京都千代田区丸の内二丁目 4 番 1 号 Tokyo (JP). 株式会社堀場製作所 (HORIBA, LTD.) [JP/JP]; 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町 2 番地 Kyoto (JP). 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 岩本 邦彦 (IWAMOTO, Kunihiko) [JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 ローム株式会社内 Kyoto (JP). 生田 俊秀 (NABATAME, Toshihide) [JP/JP]; 〒1006334 東京都千代田区丸の内二丁目 4 番 1 号 株式会社ルネサステクノロジ内 Tokyo (JP). 富永 浩二

[続表有]

(54) Title: FILM FORMATION APPARATUS

(54) 発明の名称: 成膜装置



(57) Abstract: A film of high dielectric constant is formed by repeating a cycle consisting of the steps of forming a metal atom layer and an oxygen atom layer in this sequence in accordance with the ALD method and thereafter performing a rapid thermal annealing (RTA) thereof.

(57) 要約: ALD法により、金属原子層、酸素原子層をこの順で形成した後、RTA (Rapid Thermal Annealing) による急速熱アニールを行う。この工程を一サイクルとしてサイクルを繰り返し、高誘電率膜を形成する。



(TOMINAGA, Koji) [JP/JP]; 〒6018510 京都府京都市  
南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内  
Kyoto (JP). 安田 哲二 (YASUDA, Tetsuji) [JP/JP]; 〒  
3058562 茨城県つくば市東1丁目1番1中央第4 独  
立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA, Sakaki); 〒1500021  
東京都渋谷区恵比寿西2-11-12 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が  
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,  
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 成膜装置

## 5 技術分野

本発明は、原子層堆積法による金属化合物薄膜を形成することのできる成膜装置に関する。

## 10 背景技術

近年、半導体装置の構成材料として、high-kとよばれる高誘電率薄膜の利用が盛んに検討されている。高誘電率薄膜は、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、ALD (Atomic Layer Deposition: 原子層堆積) 法、スパッタリング法等により形成される。このうち、ALD法は、熱分解ではなく、各反応物の周期的な供給を通じた化学的置換により薄膜を形成するものである。この方法によれば、スパッタリング法等の物理蒸着法に比べて優れた段差被覆性が得られ、かつ低温工程が可能となるため、半導体装置を構成する高誘電率薄膜の形成方法として有力視されている (特許文献1等)。

20 こうしたALD法による成膜を行う装置が、特許文献2に記載されている。この成膜装置は、成膜室内に設置された基板に対し、第一の原料ガスを供給した後、この原料ガスをパージし、次いで第二の原料ガスを供給するというプロセスを実現するものである。原料ガスとパージガスを交互に高速に切り替えることにより、こうしたプロセスによる成膜が可能となり、原子層を  
25 一層ずつ堆積していく成膜が可能となる。

一方、特許文献3には、成膜処理を行うチャンバと前処理を行うチャンバを別々に設けた成膜装置が記載されている。図14は、このALD装置の構造を模式的に示す図である。同文献には、ALD装置でシリコン基板上にAl

2O<sub>3</sub>を成膜するにあたって、シリコン表面に終端された水素を脱離することが記載されている。この水素脱離処理は、例えば、400℃以上の温度雰囲気で行われるのに対し、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の成膜は300℃程度であり、一般的なALD装置を用いてこれらの処理を連続して行うとすると、一旦試料の温度を400℃以上に上げて水素脱離処理を行い、その後、試料の温度が300℃程度まで下がるまで待ってから成膜を行わなければならない。そしてこの一連の動作をウェハ毎に行うとすると、ALD装置での処理工数が増加し、半導体装置のコストの上昇を招いてしまう。

図14に示す成膜装置は、こうした課題を解決するものであり、ALD装置に処理待ち及び処理済みの試料を格納する試料導入室13、試料に所定の膜を成膜する反応室12、試料を順次搬送する搬送系に加え、水素の脱離処理を行う水素脱離室11を設け、水素脱離室11において加熱ランプ16で水素脱離処理を施すことにより、処理温度の異なる水素脱離処理と誘電体膜の成膜とを連続して処理することを可能とするものである。このように、成膜処理と前処理を行うチャンバを別々に設けることによって、温度が安定するまで待つことなく、連続して処理を行うことができるため、半導体装置の処理工数を削減し、半導体装置の製造コストを低減することができるとされている。

こうしたALD法による成膜を行う成膜装置は、いずれも、原料ガスとパージガスを交互に供給することが基本構成となっている。以下、これらの成膜装置により実現される一般的なALD法の成膜プロセスについて図1を参照して説明する。ここでは酸化アルミニウム膜の例を挙げて説明する。

まず反応チャンバに基板を設置した後、膜の原料Aを基板表面へ供給する。ここではトリメチルアルミニウム(Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)、「TMA」と称する)を供給する(S101)。

次に、不活性ガスのパージにより、反応チャンバ内の原料Aを排気する(S102)。次に、反応チャンバに反応性ガスを供給する(S103)。反応性ガスとしては、酸素や水蒸気等を用いることができる。これにより、原料A

からなる原子層の上に酸素の原子層が形成される。つづいて、気相中に生成した副生成物や反応性ガスを除去するため、不活性ガスのパージにより排気する（S 1 0 4）。

以上のS 1 0 1～S 1 0 4を繰り返し行い、高誘電率薄膜を形成していく。

- 5   その後、成膜装置に備え付けられた膜厚測定装置により、所定の膜厚に到達したかどうかを確認する（S 1 0 7）。所定の膜厚に到達したことが確認された後（S 1 0 7のはい）、熱アニールによる膜質改善処理を行う（S 1 0 8）。この熱アニールは、層形成を完了した後に行われる（特許文献1、段落0 0 4 7）。以上により、成膜工程を終了する。

- 10   しかし、このような成膜プロセスでは、A L D法に利用される原料に起因する不純物が高誘電率薄膜中に残留し、また、膜の欠陥を誘起することがあった。このことについて図2を参照して説明する。図2は、図1の工程にしたがって高誘電率薄膜を形成したときの層構造の模式図である。図2（a）および図2（b）は、それぞれ、図1のS 1 0 8で示した熱アニールによる  
15   膜質改善処理の前後の状態に対応する。

- 熱アニール前は、図2（a）に示すように、高誘電率薄膜中に不純物がくまなく分布している。アニール後、膜全体から不純物が除去されるとともに、膜が緻密化される。しかしながら、高誘電率薄膜の下部、特に基板近傍の領域においては不純物が十分に除去されず残存しがちとなる。また、金属酸化  
20   物は一般に結晶化しやすく、アニール後の図2（b）の状態では、膜の一部で結晶化が起こる。こうした不純物の残存や膜の結晶化は、高誘電率薄膜を含む素子の特性の劣化をもたらす原因となり得る。たとえば高誘電率薄膜をトランジスタのゲート絶縁膜に適用した場合においては、漏れ電流の増大、閾値特性のばらつき等を生む原因となる。

- 25   こうした課題を解決するためには、原料ガスとパージガスを交互に供給するだけでなく、膜質をより高度に制御する成膜方法を採用することが望まれる。そのような新規な成膜方法を実現するためには、成膜装置自体も、より高機能化することが必要となる。

特許文献 1 特開 2001-152339 号公報

特許文献 2 特開 2001-254181 号公報

特許文献 3 特開 2002-314072 号公報 (図 8)

## 5 発明の開示

本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、その目的とするところは、ALD法において、不純物の混入や膜の欠陥を抑制し、良好な膜質の薄膜を安定的に得るための成膜装置を提供することにある。また本発明の別な目的は、薄膜中に異種成分を所望の分布で導入することのできる成膜装置を提供

10 することにある。

本発明によれば、原料ガスとパージガスを交互に供給し成膜を行うようにした成膜装置であって、成膜室と、前記成膜室に基板を保持する基板保持手段と、前記成膜室に前記原料ガスを供給する原料ガス供給部と、前記成膜室に反応性ガスを供給する反応性ガス供給部と、前記成膜室に前記パージガスを供給するパージガス供給部と、前記成膜室から前記原料ガス、前記反応性

15 ガスおよび前記パージガスを排気する排気手段と、前記成膜室に配置された前記基板を加熱して所定の温度に維持する第一の加熱手段と、前記成膜室に配置された前記基板を急速加熱する第二の加熱手段と、を備えることを特徴とする成膜装置が提供される。

20 本発明において、「反応性ガス」とは、金属と反応して金属酸化物または金属窒化物を形成するガスのことである。本発明に係る成膜装置は、成膜室に配置された基板を加熱する第一および第二の加熱手段を備えており、第一の加熱手段により基板を原子層を堆積する成膜温度に維持するとともに第二の加熱手段により急速加熱を行うことができるようになっている。このため、

25 基板を取り出すことなく同一成膜室内で原子層堆積工程およびアニールの両方を行うことができ、かつ、これらの工程を迅速に切り替え成膜を行うことができる。具体的には、原子層堆積法による層形成後、アニールを行い、ふたたび層形成を行うという工程を含む成膜プロセスを実現することができる。

このように層形成工程を中断して途中でアニールを行うことにより、層中に混入した不純物や層の欠陥を十分に除去することができ、また、膜を緻密化することができる。また、アニール工程でアンモニア等のアニールガスを導入し、アニールにより窒素等の導入された層を薄膜中に任意に形成することができる。従来の成膜装置では、成膜後のアニールは、基板を成膜装置から取り出して別の装置により行っていた。これに対し本発明の装置では、原子層堆積とアニールを同一成膜装置内で行うことができるようになっており、上記成膜プロセスを安定的に実現することができる。

本発明において、前記原料ガス、前記反応性ガスまたは前記パージガスは、  
10 前記基板表面と水平な方向から導入されてもよい。たとえばパージガスが基板に水平な方向から導入されるよう構成すれば、これらのガスが基板表面に効率よく供給され、良好な膜質の薄膜を安定的に得ることができる。

本発明において、前記第一の加熱手段と前記第二の加熱手段とが前記基板を介し対向して配置され、前記第一の加熱手段は前記基板を裏面から加熱し、  
15 前記第二の加熱手段は前記基板を表面から加熱するように構成してもよい。こうすることにより、各加熱手段による加熱を効率良く行うことができる。なお、本発明においては、成膜される側の面を基板の表面とする。

本発明において、前記成膜室にアニールガスを導入するためのアニールガス導入部をさらに備えた構成とすることもできる。こうすることにより、前述したように、アニールにより窒素等の導入された層を薄膜中の所望の位置に形成するプロセスが可能となる。また、酸化剤ガスや還元剤ガスなどをアニールガスとして導入してアニールすることにより、効率よく不純物を除去することが可能となる。

本発明において、前記第二の加熱手段は、たとえば赤外ランプ、レーザー  
25 アニール装置またはフラッシング装置などのRTP (Rapid Thermal Processing) 装置としてもよい。こうすることにより、基板の急速加熱を安定的に実施することができ、原子層堆積およびアニールを順次繰り返すプロセスを安定的に実施することが可能となる。

前記第二の加熱手段は、前記成膜室の外部に配置してもよい。こうすることにより、原料ガスや反応性ガス等による第二の加熱手段の汚染を効果的に抑制することができる。

5 前記第一の加熱手段は、たとえば基板保持手段の基板保持面に設けられたヒーターとすることができる。こうすることにより、熱伝導または輻射により基板の裏面が加熱されるため、基板を成膜温度に安定的に維持することができる。

本発明においては、従来の装置に比べて急速なパージを実現できる構成とすることで、基板温度を急速に冷却することが可能となり、アニール後、基板を速やかに冷却し、次の原子層堆積工程へ迅速に切り替えることが可能となる。このため、同じ成膜室内で成膜とアニールの両方を行うことができる。よって、不純物の混入や膜の欠陥を好適に抑制する成膜装置が実現される。また、アニールにより窒素等の導入された層を薄膜中の所望の位置に形成するプロセスが可能となるため、薄膜中に異種成分を所望の分布で確実に導入10 することが可能となる。したがって、所望の成分分布を有する良質な膜を安定的に形成することができる。

本発明において、前記基板保持手段は前記基板の位置を移動させる移動機構を有することができ、前記成膜室を開放することなく前記成膜室の外部からの操作により前記基板と前記第二の加熱手段との間の距離を調節できるように構成することもできる。また、大流量パージガス供給部とそれに対応する排気部を兼備することにより、基板の急速加熱および急速冷却をより円滑15 に行うことができる。

本発明において、前記成膜室にアニールガスを導入するためのアニールガス導入部をさらに備え、移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段に近づけたとき、基板または基板保持手段により、成膜室が、前記アニールガス25 導入部の設けられた第一の室と前記原料ガス供給部および前記反応性ガス供給部の設けられた第二の室とに区画され、基板の表面が第一の室に曝される構成とすることができる。このようにした場合、成膜室内の空間の一部でア



ニールが行われることとなり、急速昇温過程における温度制御性が一層良好となる。また、アニールガスを膜中に導入しようとする場合、導入量を高精度に制御することが可能となる。また、アニール時に、基板を成膜室からアニール用の他の室に移動させる必要がなく、成膜室内で成膜からアニールまでの操作を連続して行うことができる。

上記構成において、原料ガス供給部や反応性ガス供給部を小室の外部に配置する構成とすれば、成膜装置の耐久性を向上させることができる。アニールガスと原料ガスおよび反応性ガスとが混合すると腐食性のガスが発生することがあり、これにより成膜室の内壁が腐食される場合がある。上記構成を採用した場合、このような腐食性のガスの発生を抑制でき、成膜装置の耐久性を向上させることができる。

第一および第二の室が成膜室の内部に形成される態様としては、様々な形態が考えられる。

たとえば、基板を第二の加熱手段に近づけたとき、基板保持手段と成膜室の内壁により密閉構造の第一の室が形成されるようにしてもよい。このようにすれば、簡素な構成で成膜室内に小室が容易に形成され、また、第二の加熱手段による加熱をより一層効率よく行うことができる。

また、成膜室の内部に仕切部材を設け、移動機構により基板を第二の加熱手段に近づけたとき、基板または基板保持手段と仕切部材とが一体となって成膜室内に隔壁を形成し、これにより、第一および第二の室が形成されるようにしてもよい。こうすることにより、第二の室へのアニールガスの流入が抑制されるため、成膜室の内壁の腐食が確実に抑制される。また、第一の室への反応性ガスの流入も抑制されるため、アニール時に、目的とする化学反応以外の化学反応を抑制することができる。

本発明の成膜装置において、前記第二の加熱手段および前記移動機構の動作を制御する制御部を有し、前記制御部は、前記移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段に近づけた後、前記第二の加熱手段により前記基板の加熱を開始することように構成してもよい。こうすることにより、基板の加熱

をさらに効率よく行うことができる。

本発明の成膜装置において、前記成膜室にアニールガスを導入するためのアニールガス導入部をさらに備え、前記第二の加熱手段、前記アニールガス導入部および前記移動機構の動作を制御する制御部を有し、前記制御部は、

5 前記移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段に近づけたとき、前記第二の加熱手段により前記基板の加熱を開始するとともに、前記アニールガス導入部から前記成膜室にアニールガスを導入するように構成してもよい。こうすることにより、良質の膜をより一層確実かつ迅速に形成することができる。

- 10 本発明の成膜装置において、前記排気手段も前記制御部により制御され、前記移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段から遠ざけたときに前記成膜室全体を排気できるようにすることができる。こうすることにより、基板を第二の加熱手段に近づけた際に小室となる部分も含めた成膜室全体を同時に排気することができる。このため、成膜室内のガス置換と冷却をより一
- 15 層迅速かつ確実に行うことができる。

- 本発明の成膜装置は、いわゆる  $high-k$  とよばれる高誘電率材料からなる金属化合物層を形成するのに好適に用いられる。このときの薄膜の誘電率  $k$  は、たとえば 8 以上とすることができる。ここで、金属化合物層は、Hf、Zr、Al、La、Y、Si、Ba、Sr、Ti、Pb、Bi、Ta、
- 20 Nb および Mn の群から選択される一または二以上の元素を含むものとする。このうち、特に Hf、Zr、Al、La および Y のいずれかを含むものとするのが好ましい。こうすることにより、高誘電率で、安定な膜を得ることができる。

具体的には、下記一般式

- 25  $M_y N_{1-x} O_x$  (但し、 $x$  は 0 以上 1 以下の数であり、 $y$  は、0 より大きく 1 以下の数である。)

で表される化合物からなる膜を好適に製造することができる。但し、 $M$  は一または二以上の金属元素を示す。金属元素の具体例としては、上述したもの

が挙げられる。

上記一般式で表される化合物の具体例としては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{IrO}_2$ 、 $\text{SrTiO}_3$ 、 $\text{PbTiO}_3$ 、 $\text{SrRuO}_3$ 、 $\text{CaRuO}_3$ 、 $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ 、 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 、  
5  $(\text{Pb}, \text{La})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ 、 $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{RuO}_3$ 、 $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{RuO}_3$ 等の金属酸化物；

上記金属酸化物に窒素が導入された金属酸窒化物；

$\text{AlN}$ 、 $\text{Hf}_3\text{N}_4$ 等の金属窒化物；

等が例示される。特に比誘電率10以上の高誘電率材料からなる高誘電率膜  
10 とすることが好ましい。こうした膜は、MIS (Metal Insulator Semiconductor) 型トランジスタのゲート絶縁膜やキャパシタの容量膜として好適に用いることができる。

本発明に係る成膜装置によれば、原子層堆積後、窒素化合物ガスを含む雰囲気中で前記アニール処理を行い、つづいてさらに原子層を堆積するという  
15 工程を、成膜室から基板を取り出すことなく連続工程にて実現できる。このような工程をとることにより、高誘電率材料からなる金属化合物層中の任意の位置に金属窒化物層ないし金属酸窒化物層を導入することができる。金属酸化物からなる高誘電率膜は、一般に、絶縁性が高い反面、結晶化しやすく漏れ電流が流れやすいという性質がある。これに対して窒素を導入すると、  
20 結晶温度が高くなって膜質が改善し、漏れ電流が流れにくくなる。本発明によれば、こうした膜を制御性良く安定的に形成することが可能となる。

以上説明したように本発明によれば、ALD法において、不純物の混入や膜の欠陥を抑制し、良好な膜質の高誘電率薄膜を安定的に得ることができる。また、高誘電率薄膜全体にわたって窒素等の異種元素を所望の分布で導入す  
25 ることができる。

#### 図面の簡単な説明

上述した目的、およびその他の目的、特徴および利点は、以下に述べる好

適な実施の形態、およびそれに付随する以下の図面によってさらに明らかになる。

図 1 は、A L D 法による従来の代表的な高誘電率薄膜形成工程を説明する図である。

5 図 2 は、図 1 の工程にしたがって高誘電率薄膜を形成したときの層構造の模式図である。

図 3 は、実施の形態に係る成膜装置の構成を示す図である。

図 4 は、実施の形態に係る成膜装置の構成を示す図である。

図 5 は、実施の形態に係る高誘電率薄膜の形成工程を説明する図である。

10 図 6 は、図 5 の工程にしたがって高誘電率薄膜を形成したときの層構造の模式図である。

図 7 は、ガス供給およびウェハの冷却のシーケンスを示す図である。

図 8 は、実施の形態に係る成膜装置の構成を示す図である。

図 9 は、実施の形態に係る成膜装置の構成を示す図である。

15 図 1 0 は、実施の形態に係る成膜装置の構成を示す図である。

図 1 1 は、実施の形態に係る成膜装置の構成を示す図である。

図 1 2 は、実施の形態に係る高誘電率薄膜形成方法におけるガス供給およびウェハ温度制御のシーケンスを示す図である。

20 図 1 3 は、実施の形態に係る高誘電率薄膜形成方法におけるガス供給およびウェハ温度制御のシーケンスを示す図である。

図 1 4 は、従来の成膜装置の構成を示す図である。

図 1 5 は、実施の形態に係る成膜装置におけるプロセス管理の方法を説明するための図である。

25 図 1 6 は、実施の形態に係る成膜装置におけるプロセス管理の方法を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

## (第一の実施形態)

図 3 は、本実施形態に係る成膜装置の構成を示す図である。図示した成膜装置 200 では、Si ウェハ 206 がヒーター 208 を備えた載置台 268 上に載置されている。載置台 268 は、支持部 214 によって支持されている。装置内には反応性ガス ( $H_2O$ )、金属化合物の原料となるガスおよびパー  
5 ジガスの導入口が設けられている。装置の右側面には成膜室内のガスを排気する排気口が設けられている。また、載置台 268 や支持部 214 へのガス成分の付着を防ぐため、石英カバー 258 が設けられている。

成膜室 216 の壁面に設けられた石英窓 204 の上部に、RTP 装置 20  
10 2 が設置されている。Si ウェハ 206 は、ヒーター 208 により成膜時の所定の温度に維持されるとともに、RTP 装置 202 により、急速に加熱される。すなわち、ヒーター 208 は Si ウェハ 206 への成膜時に、所定の成膜温度、すなわち後述する図 7 (b) における成膜温度に維持するための熱源であり、RTP 装置 202 は、熱アニール時にアニール温度に到達させるための熱源である。RTP 装置 202 としては、たとえば赤外ランプ、レ  
15 ーザーアニール装置またはフラッシング等の急速昇降温加熱処理装置 (RTP (Rapid Thermal Processing) 装置)) を用いることができる。

この装置によれば、パージガスの流量に対する成膜室 216 の容積の比を  
20 従来よりも顕著に小さくしているため、成膜室 216 内が大流量の冷却用パージガスにより短時間で置換される。これにより、成膜室 216 内を急激に温度低下させることが可能となる。また、RTP 装置 202 が成膜装置 200 に取り付けられているため、急速な温度上昇が可能となる。

図 4 は、成膜装置 200 の構成をより詳細に示す図であり、成膜室 216  
25 へ接続された配管の構成が示されている。金属化合物薄膜の原料となるガスを成膜室 216 に供給するための原料ガス供給管 222 にはバルブ 238、バルブ 240 が設けられており、原料ガスを収納するタンクやポンプ等に接続している。原料ガス供給管 222 に連通するパージガス供給管 224 には

バルブ 2 4 2 が設けられている。なお、原料ガスは、高誘電率膜の原料（h i g h - k 原料）としてもよい。こうすれば、S i ウェハ 2 0 6 表面に高誘電率の金属化合物薄膜を好適に形成することができる。

また、成膜室 2 1 6 に反応性ガス（ $H_2O$ ）を供給するための反応性ガス供給管 2 2 6 にはバルブ 2 4 4、バルブ 2 4 6 が設けられており、反応性ガスを収納するタンクやポンペ等に接続している。反応性ガス供給管 2 2 6 に連通するパージガス供給管 2 2 8 にはバルブ 2 4 8 が設けられている。また、成膜室 2 1 6 に冷却用の大量のパージガスを導入するためのパージガス供給管 2 3 0 には、バルブ 2 5 0 が設けられている。

成膜装置 2 0 0 において、原料ガス供給管 2 2 2、パージガス供給管 2 2 4、反応性ガス供給管 2 2 6、パージガス供給管 2 2 8、パージガス供給管 2 3 0 の材料は、各管を導通するガス成分やその温度に対する耐性を有していれば特に制限はないが、たとえばステンレス製の配管とすることができる。また、バルブ 2 3 8 ～バルブ 2 5 0 の各バルブは、たとえば不図示のコンピュータによって制御され、開閉が行われる構成とすることができる。

また、成膜室 2 1 6 の壁面の材料は熱、酸化剤、および還元剤に対する耐性を有するものであれば特に制限はないが、たとえばステンレス等の金属とすることができる。また、成膜室 2 1 6 の外壁には、保温カバー 2 1 0 を備えていてもよい。保温カバー 2 1 0 の材料としては、たとえばガラスウールを用いることができる。

次に、成膜装置 2 0 0 を用いた薄膜の製造方法について、図 5 を参照して説明する。まず成膜室 2 1 6 に S i ウェハ 2 0 6 を設置した後、膜の原料 A を原料ガス供給管 2 2 2 から成膜室 2 1 6 へと導入し、S i ウェハ 2 0 6 表面へ供給する（S 1 0 1）。このとき、バルブ 2 3 8 およびバルブ 2 4 0 を開き、バルブ 2 4 2 は閉じておく。原料 A は、金属化合物である。たとえば、酸化アルミニウム層を形成する場合はトリメチルアルミニウム（TMA）である。Z r  $O_2$  を成膜する場合、塩化ジルコニウム（Z r C l<sub>4</sub>）等の原料ガスを適宜選択して用いる。また H f  $O_2$  を成膜する場合、塩化ハフニウム（H f

C1<sub>4</sub>)、ハフニウムプロポキシド (Hf (iOPr)<sub>4</sub>) 等の原料ガスを用いることができる。なお、成膜時のSiウェハ206の温度は、ヒーター208によって調節され、ヒーター208の温度は温度測定手段256により測定される。

- 5 つづいて不活性ガスを用いたパージを行い、原料Aを排気する(S102)。このとき、バルブ238を閉じ、バルブ242を開いてパージガス供給管224からパージガスを供給する。こうすることにより、原料ガス供給管222中に残存する原料ガスを除去することができる。

- 次に、成膜室216に反応性ガス供給管226から反応性ガスを供給する(S103)。このとき、バルブ244およびバルブ246を開き、バルブ248を閉じておく。反応性ガスとしては、たとえばH<sub>2</sub>O、O<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>、NO等を用いることができる。これにより、原料Aからなる原子層の上に酸素の原子層が形成される。このとき気相中の反応性ガスや生成した副生成物を除去するため、不活性ガスのパージにより排気する(S104)。このとき、バルブ244を閉じ、バルブ248を開いてパージガス供給管228からパージガスを導入する。こうすれば、反応性ガス供給管226中の反応性ガスを好適に除去することができる。
- 10
- 15

- つづいて熱アニールにより不純物除去処理および膜質改善処理を行う(S105、S106)。このアニールは上記S101～S105を実施する成膜室216の内部で行う。すなわち、成膜室216からSiウェハ206を取り出すことなく、そのまま熱アニールする。アニール温度は、膜材料等に応じて適宜設定されるが、通常、400℃～1000℃の範囲から好適な温度を選択する。なお、RTP装置202による加熱温度は、放射温度計254で測定される温度に基づいて調節される。
- 20

- 25 以上のS101～S106からなるサイクルを繰り返し行い、原子層を積層していく。その後、成膜装置200に備え付けられた膜厚測定装置(不図示)により、所定の膜厚に到達したかどうかを確認する(S107)。所定の膜厚に達していなければ(S107のいいえ)、アニール処理の後、Siウェ

ハ 2 0 6 を急速冷却し、S 1 0 1 からのステップを繰り返す。

成膜室 2 1 6 の急速冷却は、パージガス供給管 2 3 0 からパージガスを供給するとともに排気口から排気することにより行う。こうすれば、効率よく S i ウェハ 2 0 6 が冷却され、S 1 0 6 の後、迅速に S 1 0 1 の工程に移ることができる。S 1 0 7 において、所定の膜厚に到達したことが確認された場合（S 1 0 7 のはい）、原子層の形成工程を終了し、膜質改善処理のためのアニール処理を行う（S 1 0 8）。

図 6 は、図 5 の工程にしたがって原子層を積層していく過程の様子を模式的に示した図である。図 6（a）は、図 5 の S 1 0 1 ～ S 1 0 4 までを実行した状態を示す。基板上に金属原子、酸素原子および不純物が堆積している。図 6（b）は、図 5 の S 1 0 5 ～ S 1 0 6 を実行した状態を示す。熱アニールにより、膜中から不純物が除去される。図 6（c）および図 6（d）は、上記した手順を繰り返して行った段階の層構造を示す。熱アニールにより、図 6（d）に示すような、不純物が少なく、かつ、緻密化された層構造が得られる。

以上述べたプロセスについて、ガスの供給や温度プロファイルの観点からさらに説明する。図 7（a）は、ガスの供給やウェハの冷却のシーケンスを示す図である。はじめに金属原料ガスを供給する（シーケンス 1）。次いで反応性ガスを供給する（シーケンス 2）。つづいて不純物除去、膜の緻密化のためのアニールを行う（シーケンス 3）。その後、S i ウェハ 2 0 6 を冷却し（シーケンス 4）、1 サイクルの成膜工程を終了する。このサイクルを複数回行うことにより高誘電率薄膜が形成される。

図 7（b）は、このサイクルと、S i ウェハ 2 0 6 温度やガス流量との関係を示す図である。図 7（b）の成膜シーケンスの数字は図 7（a）の数字と一致する。成膜シーケンス 1、2 を実行している間は、ウェハ温度は比較的低温に維持される。成膜シーケンス 2 を終了した状態から R T P 装置 2 0 2 によって急激に温度を上昇させ、成膜シーケンス 3（不純物除去、緻密化）のアニール処理を行う。この間、ウェハ温度は高温に維持される。アニール



処理は赤外ランプまたはレーザーアニールにより行い、短時間で完了させる。  
その後、S i ウェハ 2 0 6 冷却のシーケンス 4 を実行する。

こうしたプロセスを実現するには、成膜室 2 1 6 から S i ウェハ 2 0 6 を  
取り出すことなく迅速に S i ウェハ 2 0 6 の温度を上昇させ、アニールを行  
うとともに、次の成膜ステップに支障のないように S i ウェハ 2 0 6 の温度  
を急激に低下させることが重要となる。こうしたことは、従来の成膜装置で  
は実現することが困難であったが、成膜装置 2 0 0 はヒーター 2 0 8 と R T  
P 装置 2 0 2 を備えているため、アニール時に R T P 装置 2 0 2 による高速  
加熱が可能である。また、パージガス供給管 2 3 0 からのパージガスの導入  
速度および、排気口からのパージガスの排気速度が従来の装置に比べて顕著  
に大きいため、急速冷却も可能である。このため、従来の装置のように、成  
膜用のチャンバから熱アニール用のチャンバへと S i ウェハ 2 0 6 を移動さ  
せる必要がない。このように、成膜装置 2 0 0 によれば、S i ウェハ 2 0 6  
の迅速な温度上昇および冷却が可能であり、成膜とアニールの両方を成膜室  
2 1 6 内で実現することができる。この結果、成膜後、アニールを行い、再  
び成膜を行うプロセスが可能となるため、不純物の混入や膜の欠陥を好適に  
抑制し、良好な膜質の薄膜を安定的に得ることができる。また、成膜とアニ  
ールとを所望のタイミングで行うことが可能となり、薄膜中に異種成分を所  
望の分布で導入することができる。

20

#### (第二の実施形態)

図 8 および図 9 は、本実施形態に係る成膜装置の構成を示す図である。図  
8 は、成膜装置 2 6 0 の支持部 2 1 4 が上昇した状態を示し、図 9 は、支持  
部 2 1 4 が下降した状態を示す。成膜装置 2 6 0 では、S i ウェハ 2 0 6 が  
移動機構 2 1 2 を備える支持部 2 1 4 上に載置され、その位置を高さ方向に  
動かすことができるようになっている。移動機構 2 1 2 は、たとえば支持部  
2 1 4 を電動式に伸縮する構成とし、成膜室 2 1 6 外部に設けられたスイッ  
チにより支持部 2 1 4 の高さが変化する移動機構 2 1 2 を支持部 2 1 4 内部

に備える構成とすることができる。

成膜装置 260 において、急速加熱をする場合は、図 8 に示したように Si ウェハ 206 を上部に移動させ、RTP 装置 202 に近づける。一方、急速冷却を行う場合は、逆に図 9 に示したように Si ウェハ 206 を下部に移動させ、RTP 装置 202 から遠ざけるとともに、パージガス供給管 230 から導入される大量のパージガスにより室内を冷却する。また、成膜装置 260 では、排気口が成膜室 216 の上部に設けられている。載置台 268 および各ガスの供給路の構造は、図 6 に示したものと同様である。

成膜装置 260 は、RTP 装置 202 と Si ウェハ 206 との距離を調整可能に構成されており、また排気口が成膜室 216 の上部に位置しているの  
10 で、ガス交換や温度調節を迅速に行うことが可能であり、より一層、急速加熱、急速冷却に適した構造となっている。加熱時の RTP 装置 202 と Si ウェハ 206 との距離は、RTP 装置 202 の出力等に応じて適宜選択される。

15

### (第三の実施の形態)

図 10 および図 11 は、本実施形態に係る成膜装置の構成を示す図である。図 10 は、成膜装置 262 の支持部 214 が上昇した状態を示し、図 11 は、支持部 214 が下降した状態を示す。この成膜装置 262 では、第二の実施形態に記載の成膜装置 260 と同様、Si ウェハ 206 が移動機構 212 を  
20 備える支持部 214 上に載置され、その位置を高さ方向に動かすことができるようになっている。さらに、本実施の形態における成膜装置 262 では、アニールガスの導入口よりも低く、他のガスの導入口よりも高い位置に、仕切板 264 が設けられている。また、成膜室 216 の下部に設けられた原料ガスまたは反応性ガスを排気するための排気口に加え、成膜室 216 の上部  
25 に、パージガスまたはアニールガスを排気するためのアニールガス排気口 266 を設けている。ここで、アニールガス排気口は、仕切板 264 よりも上部に設けている。載置台 268 および各ガスの供給路の構造は、図 4 に示し

たものと同様である。

移動機構 2 1 2 によって S i ウェハ 2 0 6 を移動させ、石英カバー 2 5 8、支持部 2 1 4 および支持部 2 1 4 上の S i ウェハ 2 0 6 と仕切板 2 6 4 とが一体となって成膜室 2 1 6 に隔壁を形成し、これにより、成膜室 2 1 6 内に  
5 二つの小室が形成される。従来の成膜装置では、成膜室内では成膜のみを行い、アニールの際には S i ウェハ 2 0 6 を装置から取り出し、別のアニール用の装置に移動したり、成膜装置 2 6 0 から取り出さない場合にも、成膜用のチャンバから隔絶された他のアニール用のチャンバに移動させたりしていた。一方、成膜装置 2 6 2 においては、仕切板 2 6 4 によって成膜室 2 1 6  
10 内にアニール用の小室が好適に形成されるようになっている。このような構成とすることにより、S i ウェハ 2 0 6 の加熱および冷却をさらに効率よく行うことができる。

S i ウェハ 2 0 6 の熱アニールを行う際には図 1 0 に示したように、仕切板 2 6 4 の側面が S i ウェハ 2 0 6 の側面または載置台 2 6 8 の側面と接する  
15 るように移動機構 2 1 2 を調節する。こうすれば、アニールガスの供給、排出は仕切板 2 6 4 の上部の小室に対してのみ行われ、仕切板 2 6 4 の下部の小室へのアニールガスの流入が遮断される。こうすることにより、アニールガスと反応性ガスとが成膜室 2 1 6 内で接触することによる成膜室 2 1 6 の内壁の腐食を好適に抑制することができる。たとえば、アニールガスとして還元  
20 剤ガスである  $\text{NH}_3$ 、反応性ガスとして酸化剤ガスである  $\text{H}_2\text{O}$  を選択した場合、これらが成膜室 2 1 6 内で接触すると、成膜室 2 1 6 の内壁の腐食が進行することがあるが、仕切板 2 6 4 を設けることにより、これを抑制することができる。アニールガスとして酸化剤ガスを選択し、反応性ガスとして還元剤ガスを選択した場合も同様である。また、アニールガスの導入時に、仕  
25 切板 2 6 4 上部に反応性ガス（たとえば  $\text{H}_2\text{O}$ ）が存在することによる真空度の低下を抑制することができる。さらに、アニールガスの流量に対する成膜室 2 1 6 の仕切板 2 6 4 の上部の小室の容積の比をさらに小さくすることができるため、さらに効率よくアニールガスを供給することが可能となる。ま

た、この状態で熱アニールを行えば、S i ウェハ 2 0 6 は R T P 装置 2 0 2 に近接しておりさらに急速に加熱を行うことができる。

一方、アニール後、S i ウェハ 2 0 6 を冷却する際には、図 1 1 に示したように、S i ウェハ 2 0 6 がパージガスの導入口よりも低い位置になるよう  
5 に移動機構 2 1 2 を調節する。このとき、成膜室 2 1 6 の上部に設けられたアニールガス排気口 2 6 6 と、成膜室 2 1 6 下部の排気口との 2 箇所から排気が行われるため、より効率よく冷却を行うことができる。これにより、さらに急速な温度低下が可能となる。

なお、成膜装置 2 6 2 においては、仕切板 2 6 4 の側面が S i ウェハ 2 0  
10 6 の側面または載置台 2 6 8 の側面と接した構成としたが、所定の隙間を有していてもよい。

#### (第四の実施形態)

以上述べた実施形態におけるプロセス管理は、たとえば以下のように  
15 することができる。図 1 5 は、上述の成膜装置におけるプロセス管理の方法を説明するための図である。

図 1 5 において、プロセス管理部 2 7 0 は、計時部 2 7 2 から入力される時間情報に基づいて、各プロセスのスケジュール管理を行う。このスケジュール管理について、第二の実施形態に記載の成膜装置 2 6 0 を例に、図 5 の  
20 フローチャートに沿って説明する。原料ガス制御部 2 7 6 は、原料ガス供給管 2 2 2 からの原料ガスの供給量を制御する (S 1 0 1)。なお、成膜過程におけるヒーター 2 0 8 の温度は、ヒーター制御部 2 8 6 によって制御される。原料ガス供給管 2 2 2 からの原料ガス供給が一定時間行われた段階で、原料ガス制御部 2 7 6 は原料ガスの供給を停止し、排気制御部 2 8 8 は、排気口  
25 から成膜室 2 1 6 内を排気させる (S 1 0 2)。そして、所定の時間経過後、排気を停止する。

次いで、反応性ガス供給管 2 2 6 から反応性ガスが所定の時間供給される (S 1 0 3)。反応性ガスの供給は、反応性ガス制御部 2 7 8 によって制御さ

れる。反応性ガスの供給が一定時間行われたら、反応性ガス制御部 278 は反応性ガスの供給を停止させ、排気制御部 288 は、成膜室 216 内を排気させる (S104)。そして、所定の時間経過後、排気を停止させる。

そして、移動機構制御部 274 は移動機構 212 を所定の時間動作させ、  
5 Si ウェハ 206 を RTP 装置 202 に近づける。また、RTP 制御部 284 は RTP 装置 202 による加熱を開始させ、アニールガス制御部 280 はアニールガス供給管 218 から一定時間成膜室 216 へアニールガスを供給させる (S105)。そして、所定の時間が経過したら、RTP 装置 202 の加熱とアニールガスの供給を停止させ、パージガス制御部 282 はパージガス供給管 230 からパージガスの供給を開始し、排気制御部 288 は排気口からの排気を開始させる。以上の操作を所定の時間まで繰り返す。そして、  
10 所定の時間が経過したら (S107 のはい)、S105 と同様に膜質改善処理が行われ、成膜が終了する。

以上の各シーケンスが、プロセス管理部によって管理される。また、図 7  
15 に示したシーケンスも、本実施形態の方法に基づいて行うことができる。

なお、図 15 に示したプロセス管理において、RTP 装置 202 の加熱開始後、所定のタイミングでアニールガスが供給されるようなスケジュールとしてもよい。

## 20 (第五の実施形態)

第四の実施形態で説明したプロセス管理は、たとえば以下のようにすることもできる。図 16 は、上述の成膜装置におけるプロセス管理の別の方法を説明するための図である。

図 16 においては、移動機構制御部 274 は移動機構 212 の動作を制御  
25 する一方、基板位置把握部 290 によって把握される Si ウェハ 206 の位置に基づきアニールガス制御部 280 および RTP 制御部 284 の動作を制御する。このため、Si ウェハ 206 が所定の位置まで移動したら、RTP 制御部 284 が RTP 装置 202 による加熱を開始させ、アニールガス制御

部 2 8 0 がアニールガス供給管 2 1 8 の供給を開始させる。このとき、R T P 装置 2 0 2 による加熱を所定の時間行った後にアニールガスの供給が開始されるようなスケジュールとしてもよい。

このようにすれば、より一層確実に成膜および熱アニールを行い、良質の  
5 膜を安定的に得ることができる。図 7 に示したシーケンスを、本実施形態の方法に基づいて行ってもよい。

#### (第六の実施形態)

本実施形態では、第二の実施形態に記載の成膜装置 2 6 0 (図 8、図 9)  
10 を用いた成膜方法の別の一例に関する。本実施形態では、窒素化合物ガスを含む雰囲気中でアニール処理を行い、金属化合物層中に窒素を拡散させる例を示す。R T P 装置 2 0 2 は赤外ランプとする。

以下、A L D 法を用いてシリコン基板上に A 1 O および A 1 O N をこの順で積層する例について説明する。

15 成膜プロセスにおけるガスの供給および温度プロファイルは、図 1 2 のようにする。このプロファイルは、たとえば第四の実施形態または第五の実施形態に記載の方法により実行することができる。はじめに原料ガスであるトリメチルアルミニウム (T M A) を導入し、アルミニウム原子層を形成する。つづいてパージガスを用いて成膜室 2 1 6 内をパージした後、反応性ガスとして H<sub>2</sub>O ガスを導入し、酸素原子層を形成する。アルミニウム原子層および  
20 酸素原子層の形成時の温度は、いずれも 2 0 0 ℃ ~ 4 5 0 ℃ 程度とする。

次に不純物除去および膜の緻密化のための熱アニール処理を行う。アニール時の温度及び時間は、たとえば、6 0 0 ℃ ~ 1 0 5 0 ℃、1 秒 ~ 6 0 0 秒とする。なお、アニール時の昇温レートは 1 0 0 ℃ / s e c 以上とする。

25 以上述べた一連の工程を所定回数繰返し、金属酸化物の層を積層していく。

その後、所定の膜厚に至った段階で、窒素導入処理を行う。すなわち、図 1 2 に示すように、アニール処理時に N H<sub>3</sub> を供給する。これにより、窒素が

層中に導入、拡散される。このときのアニール条件は、上記したものと同様である。

以上のようにして、AlOおよびAlONがこの順で積層した高誘電率薄膜を形成することができる。

- 5      本実施形態の方法によれば、アニール条件の調整等により窒素の導入量を高度に制御することができる。また、高誘電率薄膜中に所望の窒素濃度分布を安定的に形成することができる。

金属酸化膜に窒素を導入した場合、結晶温度が高くなって膜質が改善し、また、化学的安定性が向上する。その一方、電子に対するバリア障壁が低い、  
10      電子をトラップしやすい等の性質を有する。したがって、金属酸化膜中に窒素を導入する場合、窒素濃度に分布をもたせ、窒素高濃度領域と窒素低濃度領域を設けることができれば、従来にない優れたデバイス性能を実現できる可能性がある。本実施形態の方法は、こうした窒素濃度分布を精密に制御す

- 15      なお、本実施形態においては成膜装置260を用いたが、成膜装置200や成膜装置262を用いてもよい。

#### (第七の実施の形態)

- 20      第六の実施の形態では、原子層を形成するごとにアニール処理を行う例を示したが、本実施形態では、複数の原子層を積層した後、アニール処理を行う方法を採用する。

本実施形態では、ALD法を用いてシリコン基板上にAlOおよびAlONをこの順で積層する例について説明する。成膜装置は、たとえば第二の実施形態に記載の成膜装置260（図8、図9）を用いる。

- 25      成膜プロセスにおけるガスの供給および温度プロファイルは、図13のようにする。このプロファイルは、たとえば第四の実施形態または第五の実施形態に記載の方法により実行することができる。はじめに原料ガスであるトリメチルアルミニウム（TMA）を導入し、アルミニウム原子層を形成する

(ステップA)。パージガスを用いて成膜室216内をパージした後、反応性ガスとして $H_2O$ ガスを導入し、酸素原子層を形成する(ステップB)。アルミニウムおよび酸素の成膜時の温度は、いずれも $150^{\circ}C \sim 450^{\circ}C$ 程度とする。

- 5 上記ステップAおよびステップBを2～5サイクル実施し、 $AlO$ 層を形成する。

次に不純物除去および膜の緻密化のための熱アニール処理を行う。アニール時の温度及び時間は、たとえば、 $600^{\circ}C \sim 1050^{\circ}C$ 、1秒～600秒とする。なお、アニール時の昇温レートは $100^{\circ}C/sec$ 以上とする(ス

- 10 テップC)。

つづいて上記ステップAおよびステップBを2～5サイクル実施し、 $AlO$ 層を形成した後、ステップCの熱アニール処理を行う。このアニールの途中で、成膜室内に窒素化合物ガスを導入する(ステップD)。ここでは、アンモニアを導入する。これにより、酸化アルミニウム層中に窒素が導入され、

- 15  $AlON$ 層が形成される。

以上のプロセスを利用して、 $AlO$ および $AlON$ がこの順で積層した高誘電率薄膜を形成することができる。

なお、本実施形態においては成膜装置260を用いたが、成膜装置200や成膜装置262を用いてもよい。

- 20 本実施形態では、数原子層形成後にアニール処理を行うこととしているので、簡便なプロセスで良好な膜質の高誘電率材料膜を得ることができる。

以上本発明の実施の形態について説明した。これらは例示であり様々な変形例が可能であること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者には理解されるところである。



## 請 求 の 範 囲

1. 原料ガスとパージガスを交互に供給し成膜を行うようにした成膜装置であって、

5 成膜室と、

前記成膜室で基板を保持する基板保持手段と、

前記成膜室に前記原料ガスを供給する原料ガス供給部と、

前記成膜室に反応性ガスを供給する反応性ガス供給部と、

前記成膜室に前記パージガスを供給するパージガス供給部と、

10 前記成膜室から、前記原料ガス、前記反応性ガスおよび前記パージガスを排気する排気手段と、

前記成膜室に配置された前記基板を加熱して所定の温度に維持する第一の加熱手段と、

前記成膜室に配置された前記基板を急速加熱する第二の加熱手段と、

15 を備えることを特徴とする成膜装置。

2. 請求の範囲第1項に記載の成膜装置において、前記第一の加熱手段と前記第二の加熱手段とが前記基板を介し対向して配置され、前記第一の加熱手段は前記基板を裏面から加熱し、前記第二の加熱手段は前記基板を表面から加熱することを特徴とする成膜装置。

20 3. 請求の範囲第1項または第2項に記載の成膜装置において、前記第二の加熱手段は、RTP (Rapid Thermal Processing) 装置であることを特徴とする成膜装置。

4. 請求の範囲第1項乃至第3項いずれかに記載の成膜装置において、前記第二の加熱手段は、前記成膜室の外部に配置されていることを特徴とする  
25 成膜装置。

5. 請求の範囲第1項乃至4項いずれかに記載の成膜装置において、前記第一の加熱手段は、前記基板保持手段の基板保持面に設けられたヒーターであることを特徴とする成膜装置。

6. 請求の範囲第1項乃至第5項いずれかに記載の成膜装置において、前記基板保持手段は前記基板の位置を移動させる移動機構を有しており、前記成膜室を開放することなく前記成膜室の外部からの操作により前記基板と前記第二の加熱手段との間の距離を調節できるように構成されたことを特徴とする成膜装置。

7. 請求の範囲第1項乃至第6項いずれかに記載の成膜装置において、前記成膜室にアニールガスを導入するためのアニールガス導入部をさらに備えることを特徴とする成膜装置。

8. 請求の範囲第6項に記載の成膜装置において、前記成膜室にアニールガスを導入するためのアニールガス導入部をさらに備え、前記移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段に近づけたとき、前記基板または前記基板保持手段により、前記成膜室が、前記アニールガス導入部の設けられた第一の室と前記原料ガス供給部および前記反応性ガス供給部の設けられた第二の室とに区画され、前記基板の表面が前記第一の室に曝されるようにしたことを特徴とする成膜装置。

9. 請求の範囲第6項に記載の成膜装置において、前記第二の加熱手段および前記移動機構の動作を制御する制御部を有し、前記制御部は、前記移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段に近づけた後、前記第二の加熱手段により前記基板の加熱を開始することを特徴とする成膜装置。

10. 10. 請求の範囲第6項に記載の成膜装置において、前記成膜室にアニールガスを導入するためのアニールガス導入部をさらに備え、

前記第二の加熱手段、前記アニールガス導入部および前記移動機構の動作を制御する制御部を有し、

25 前記制御部は、前記移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段に近づけたとき、前記第二の加熱手段により前記基板の加熱を開始するとともに、前記アニールガス導入部から前記成膜室にアニールガスを導入することを特徴とする成膜装置。

11. 請求の範囲第9項または第10項に記載の成膜装置において、前記排気手段も前記制御部により制御され、前記移動機構により前記基板を前記第二の加熱手段から遠ざけたときに前記成膜室全体を排気できるようにしたことを特徴とする成膜装置。

Fig.1

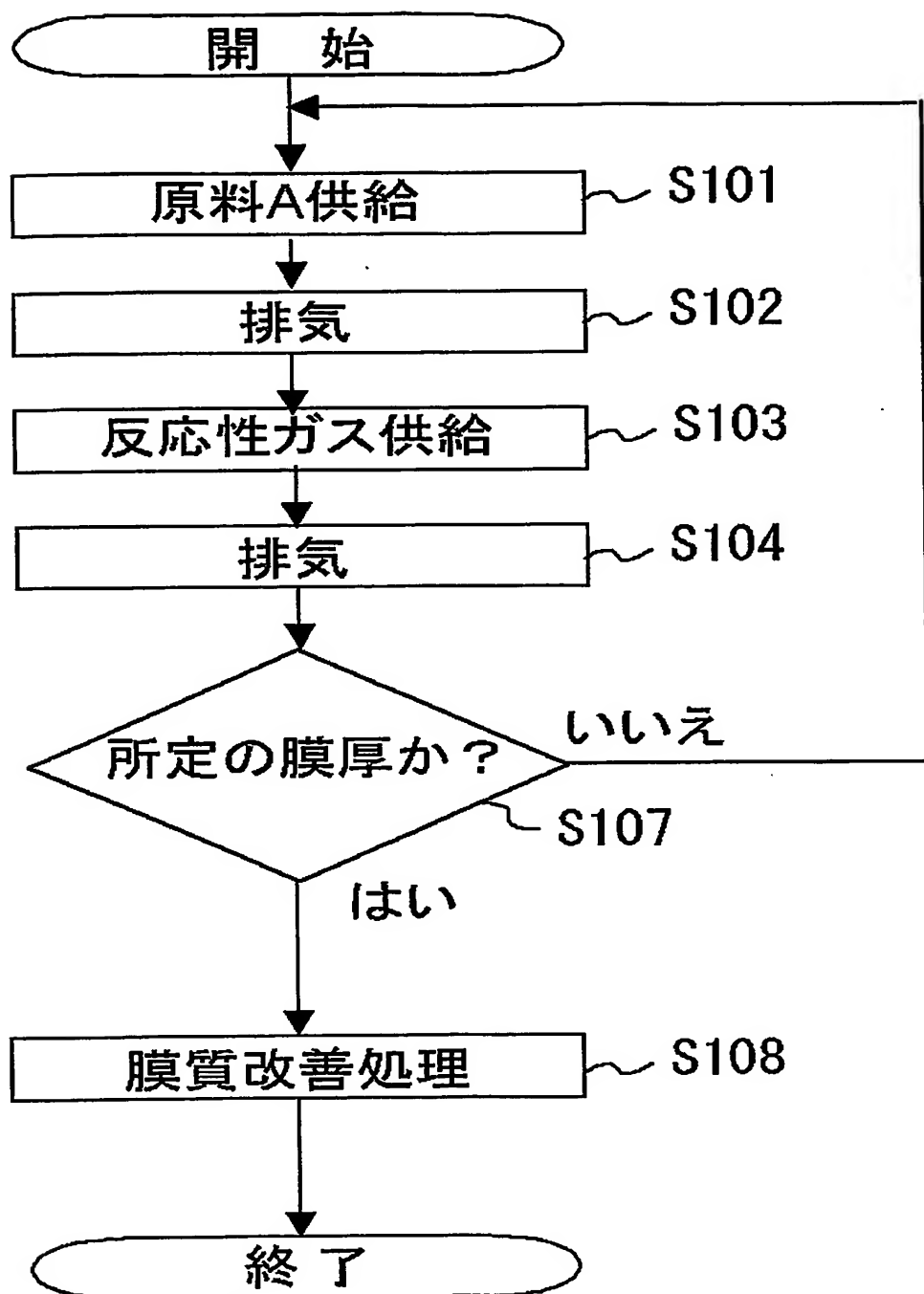


Fig.2

○ 金属原子      ⊗ 酸素原子      ● 不純物

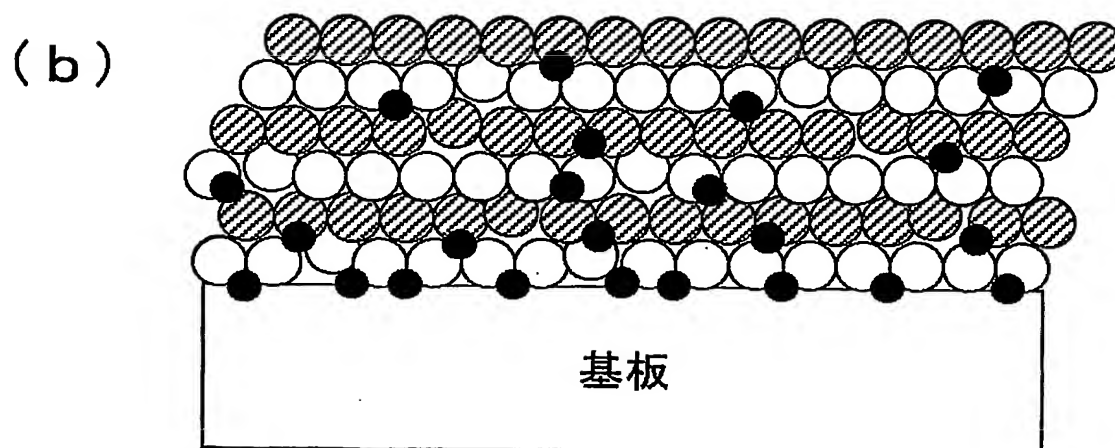
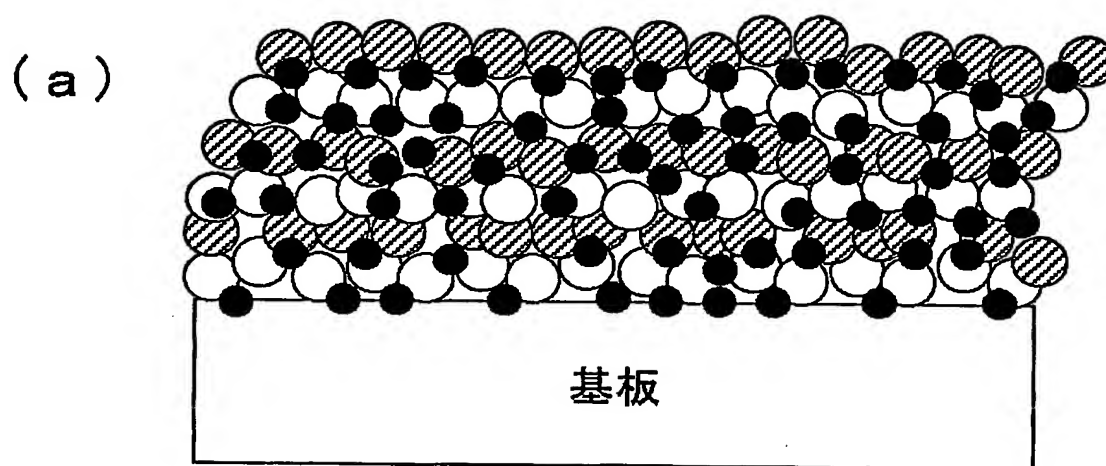


Fig.3

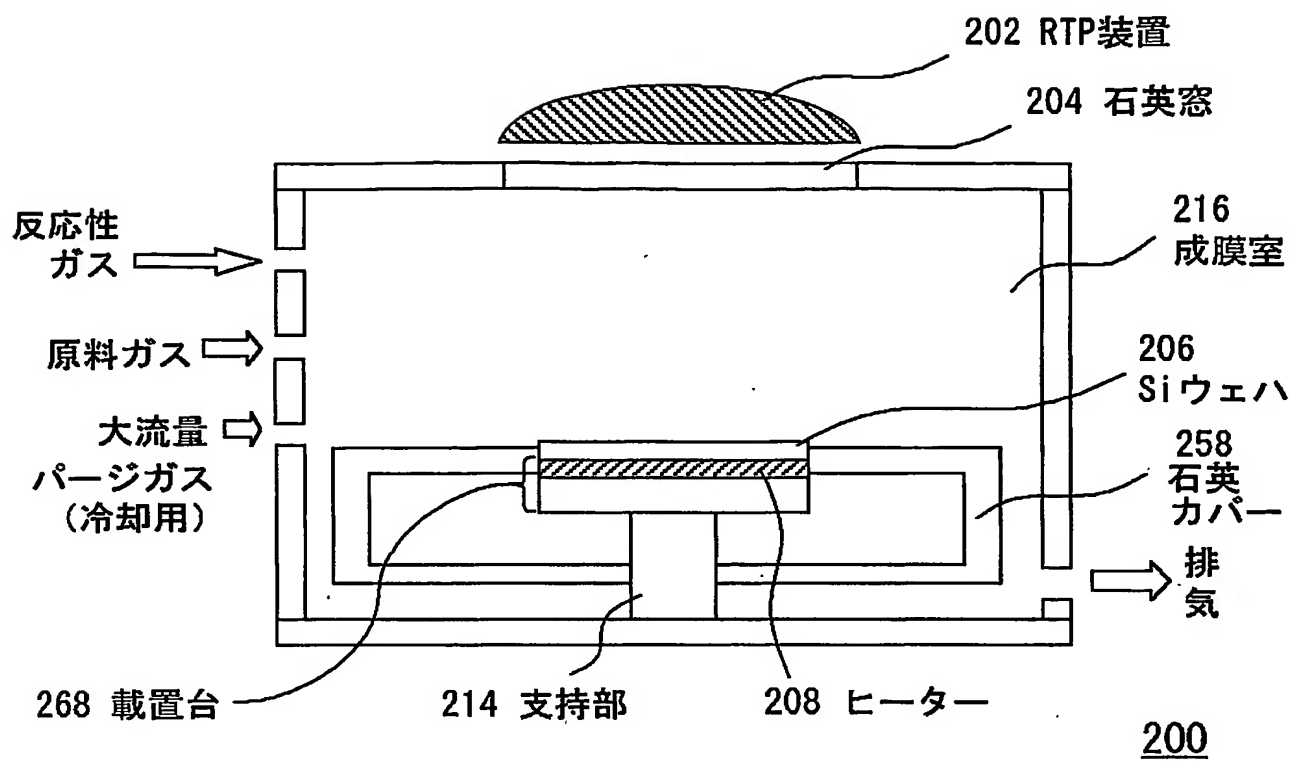


Fig.4

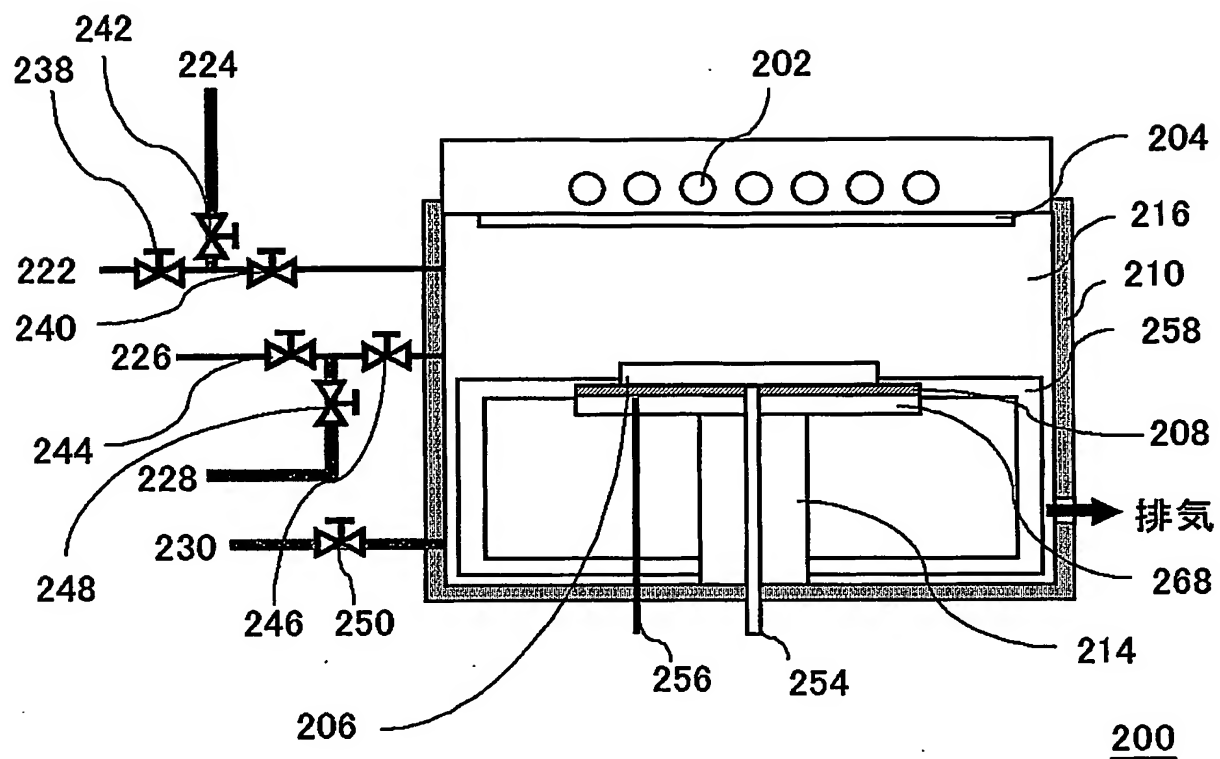


Fig.5

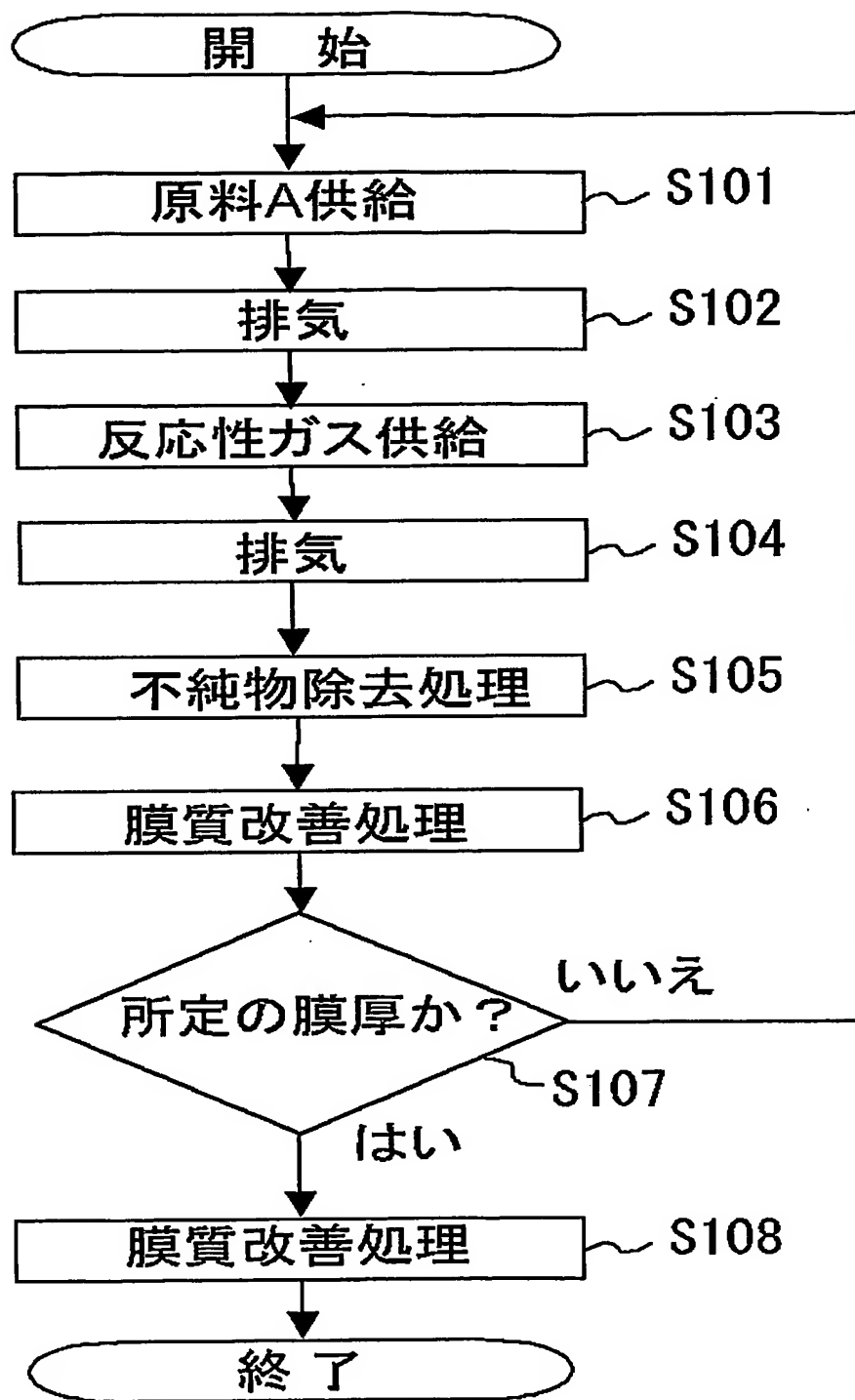




Fig.6

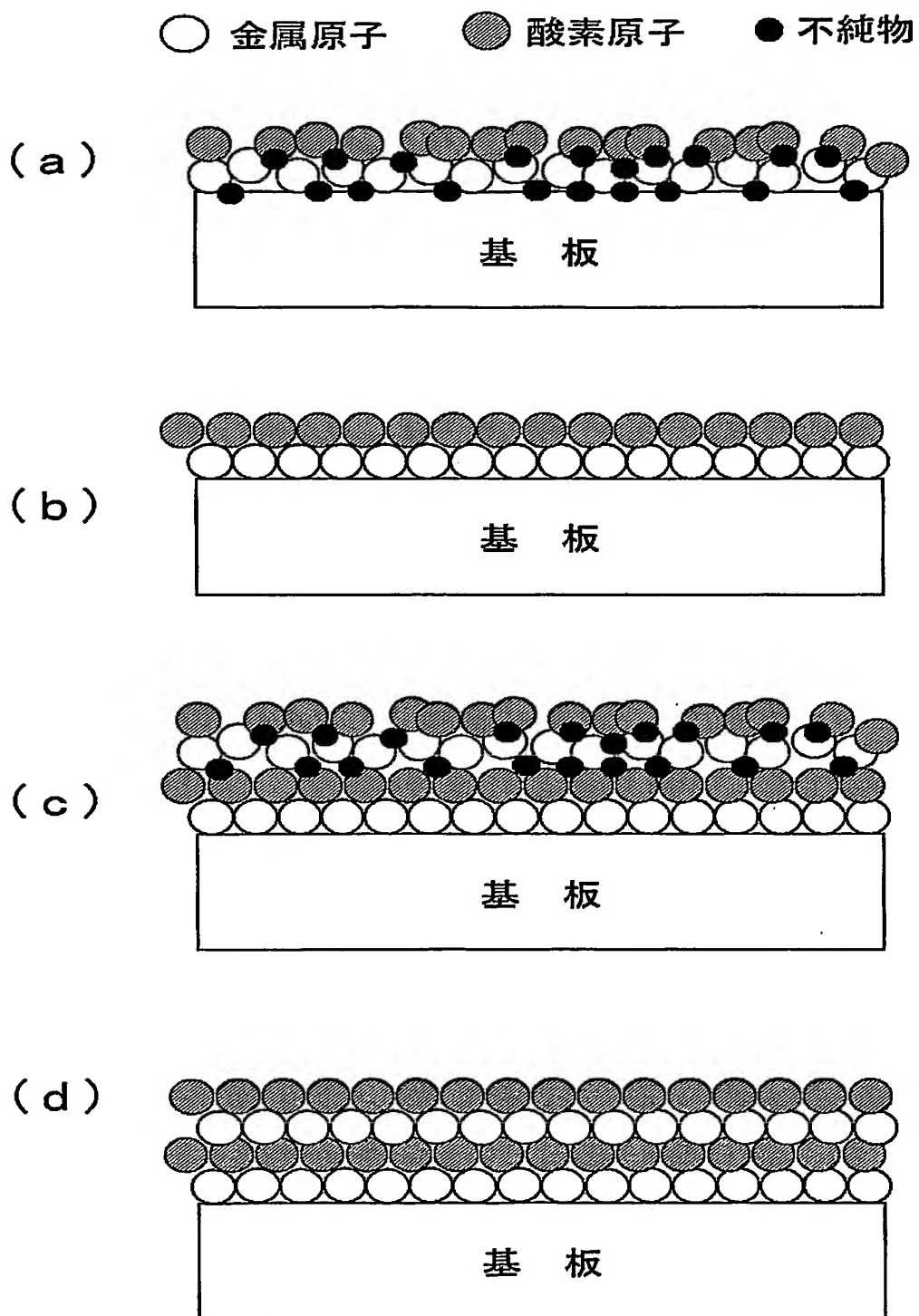


Fig.7

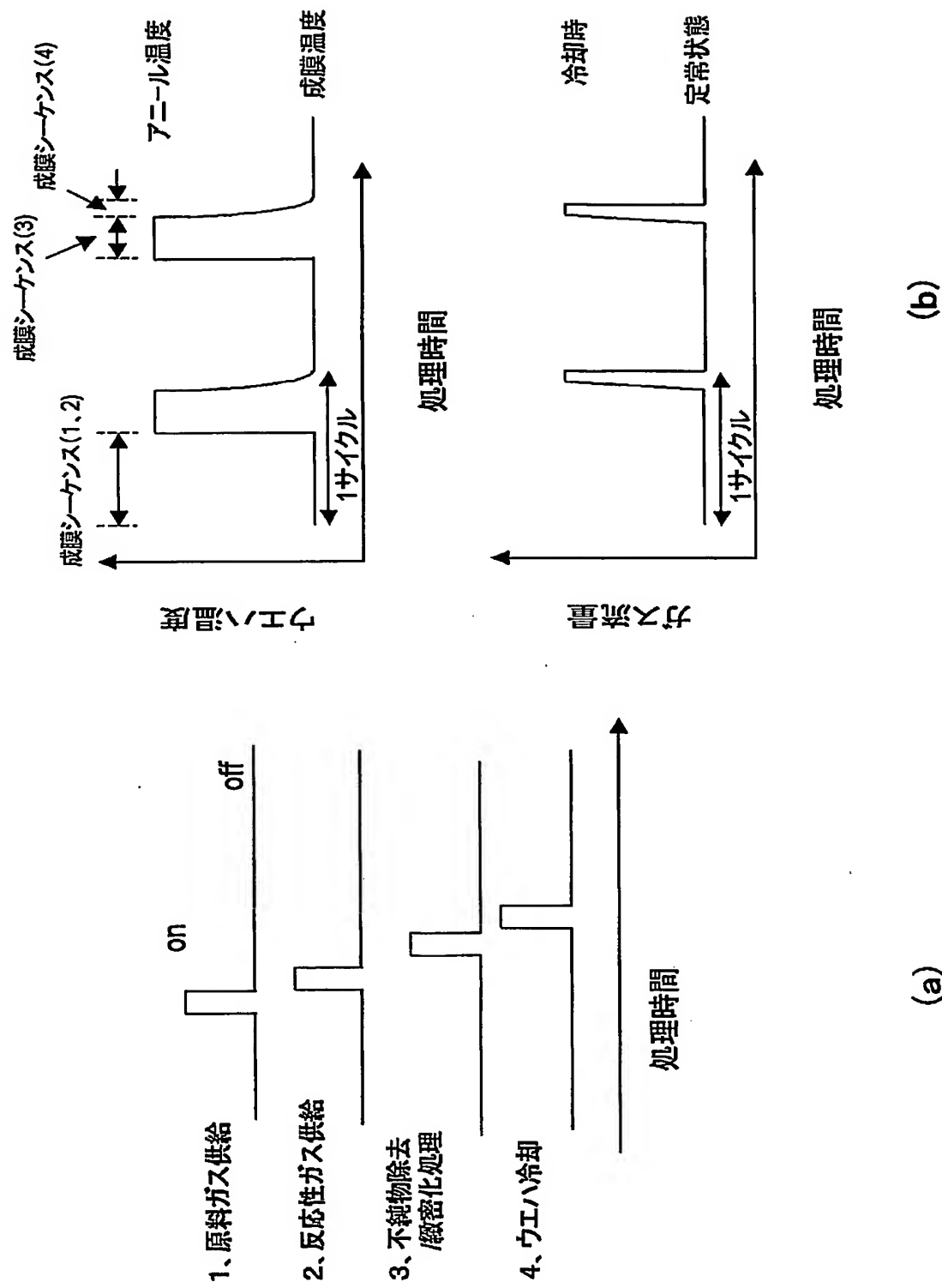


Fig.8

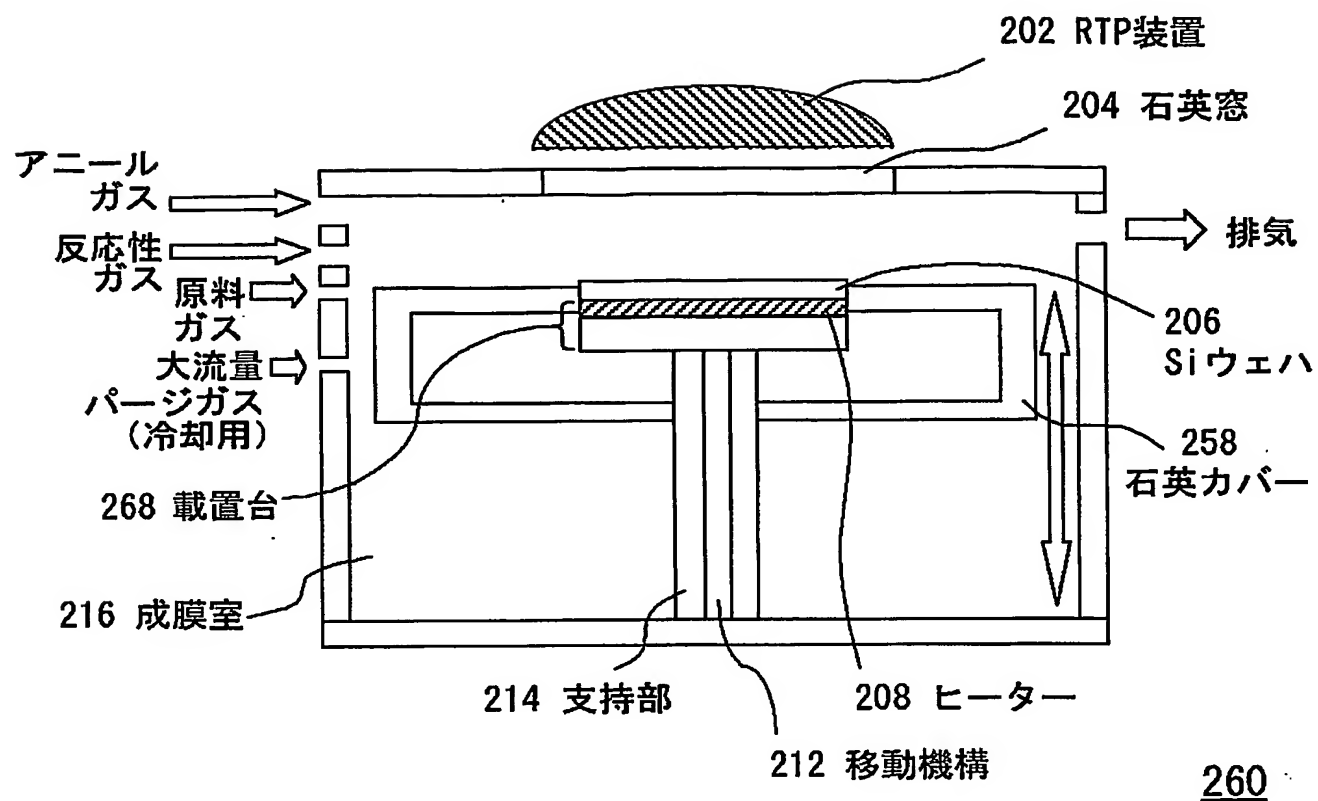


Fig.9

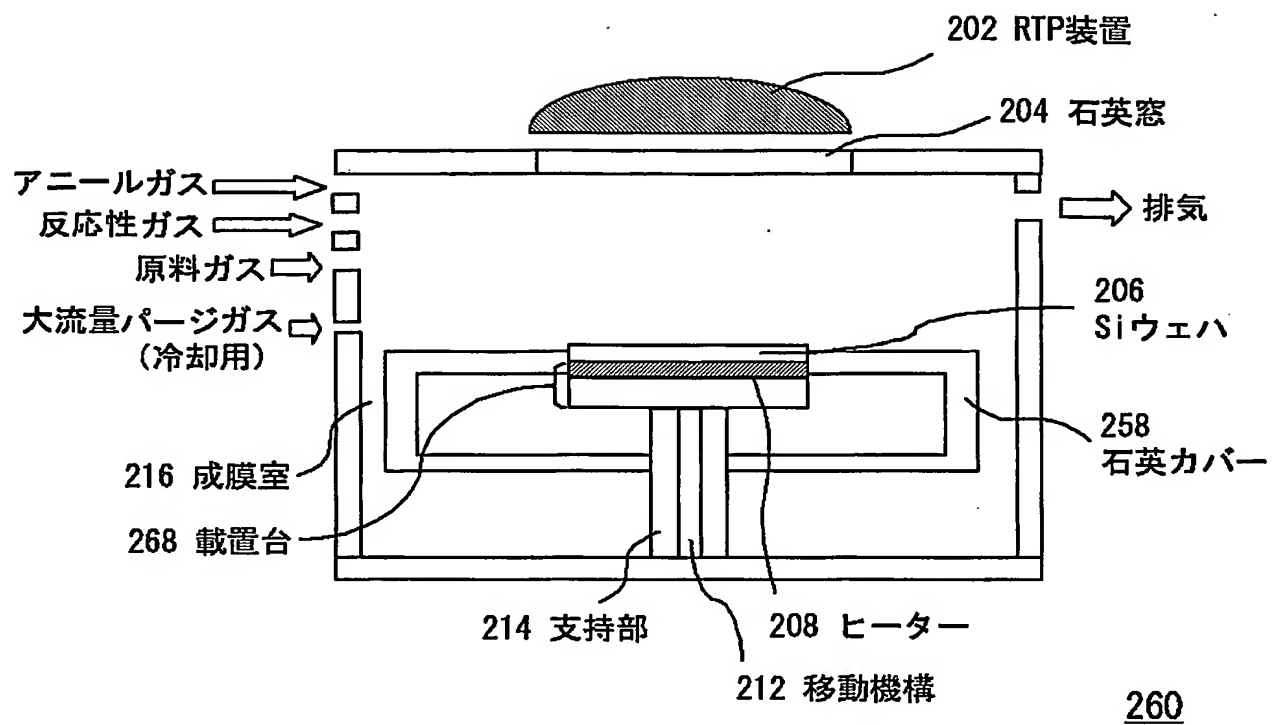


Fig.10

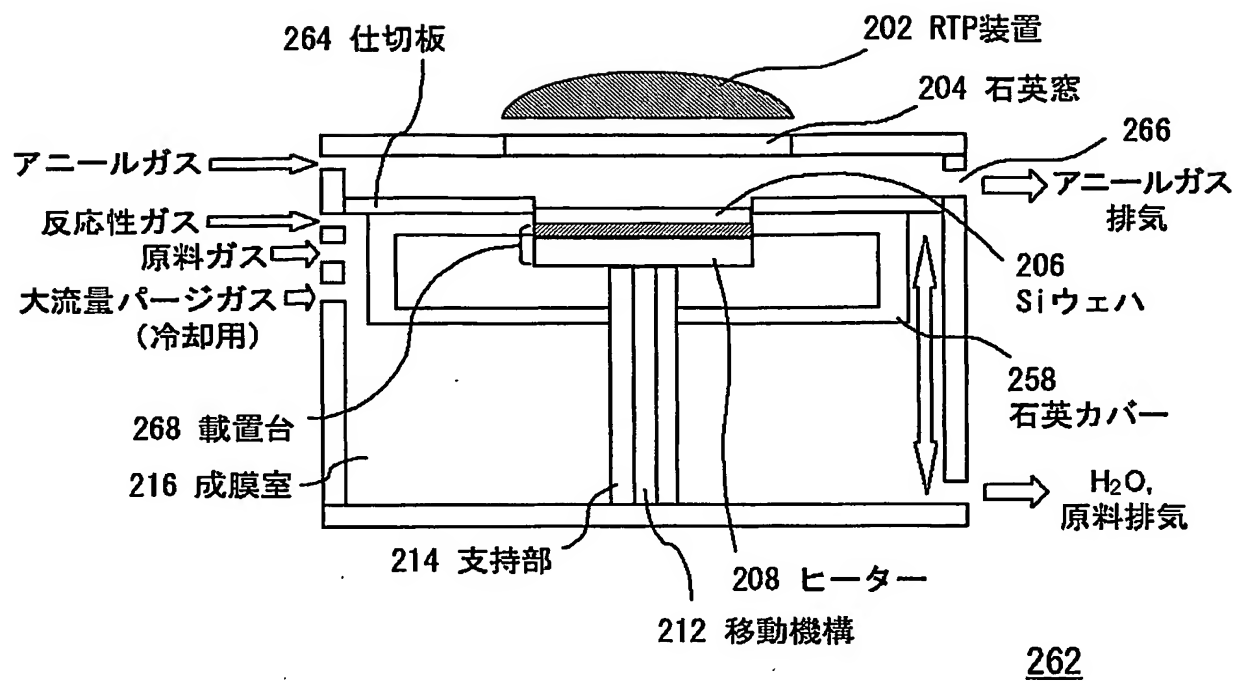


Fig.11

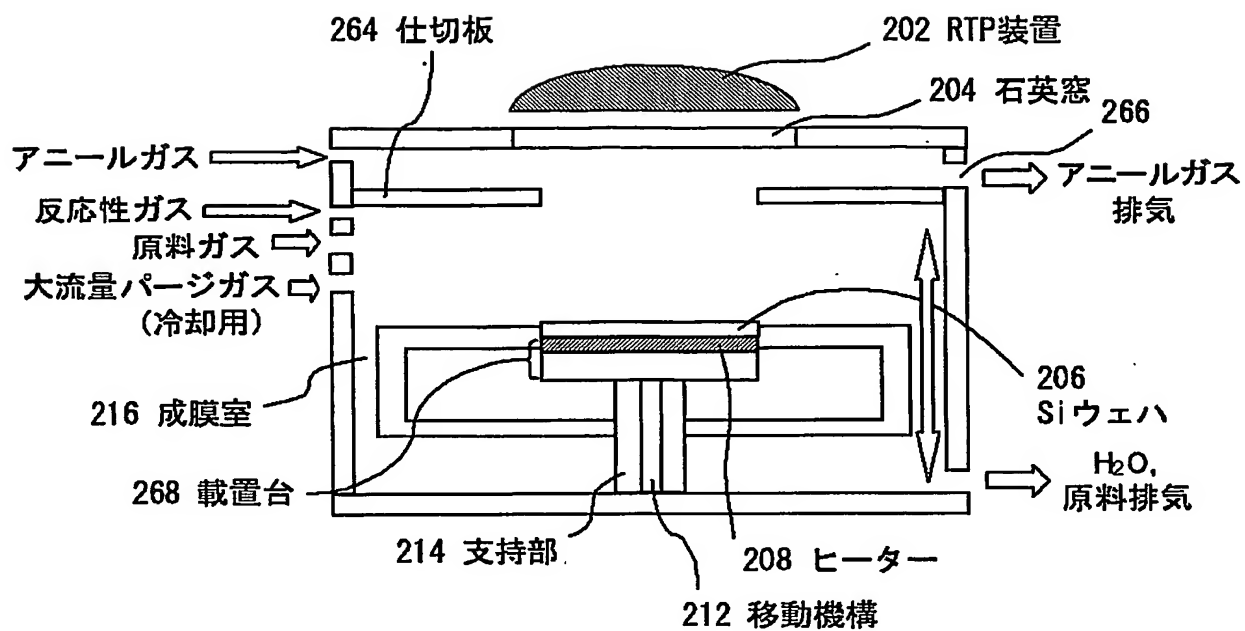
262

Fig.12

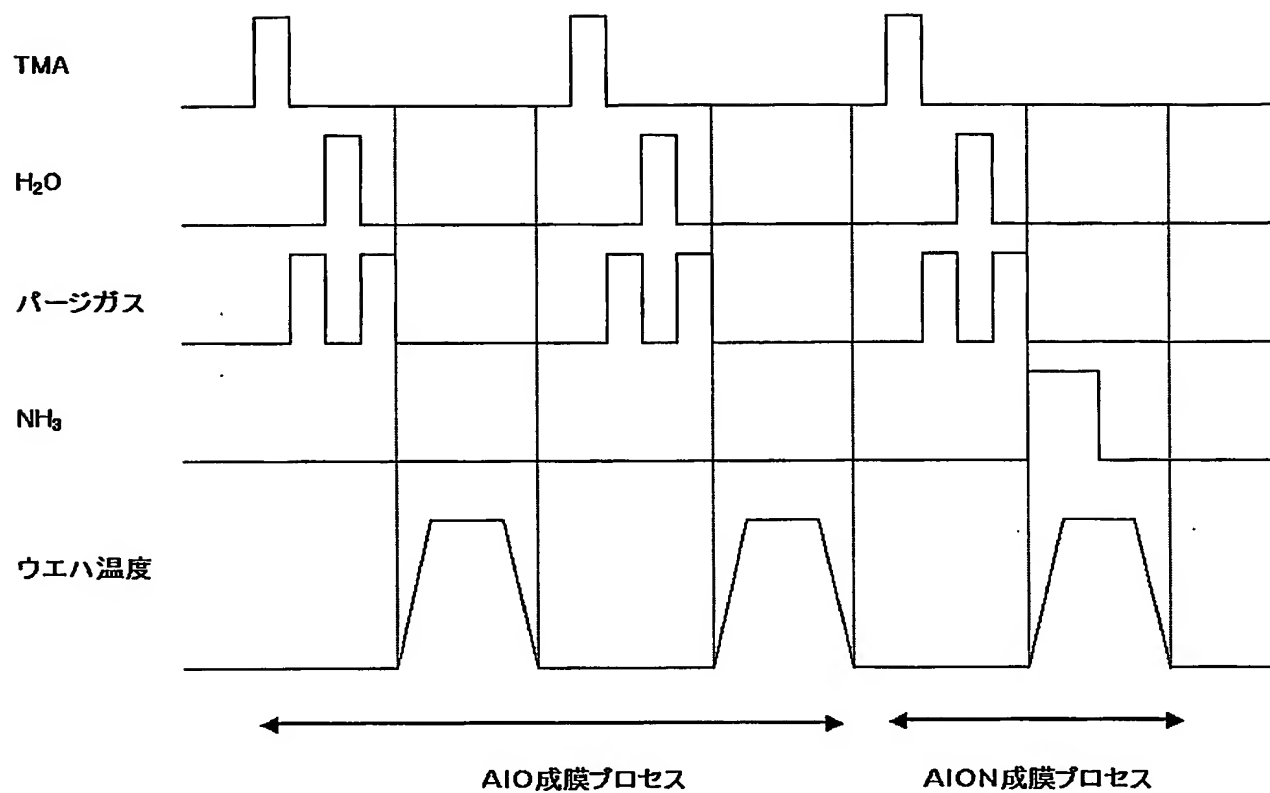


Fig.13

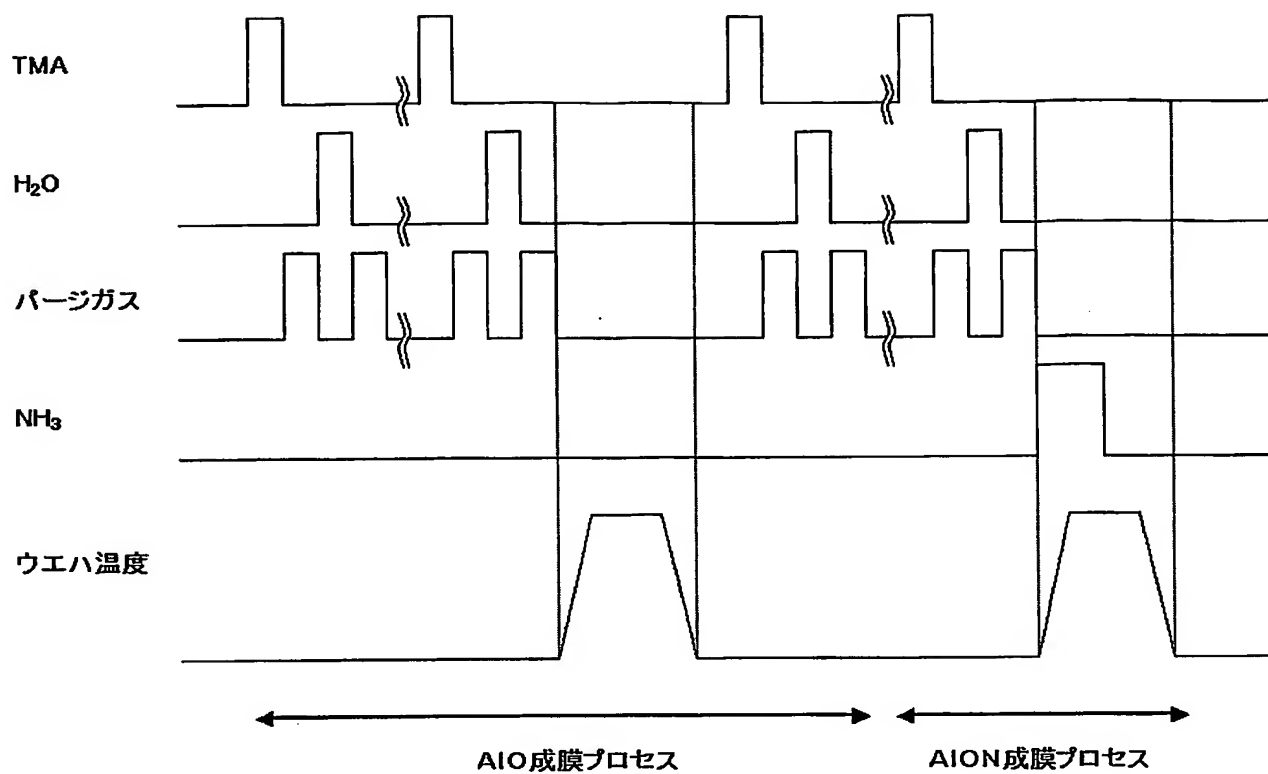




Fig.14

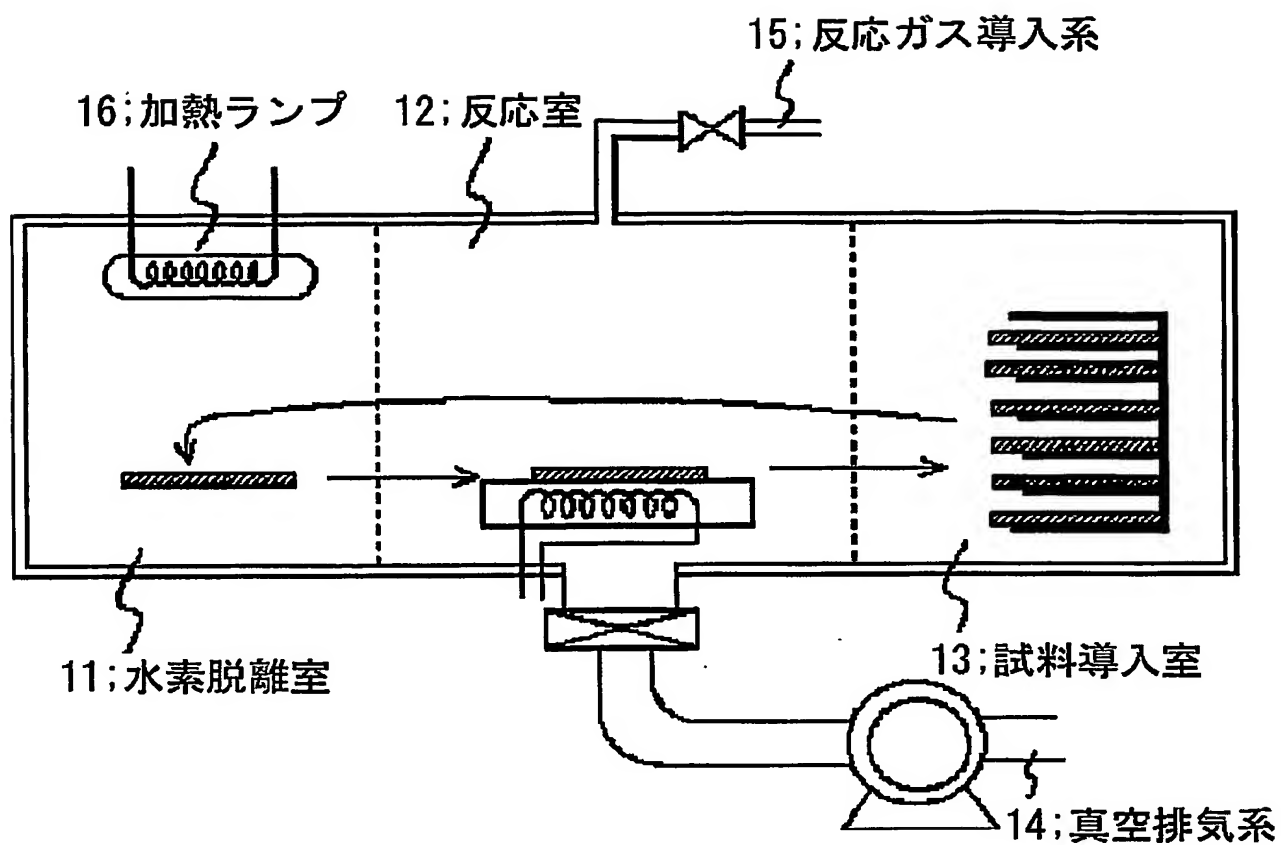


Fig.15

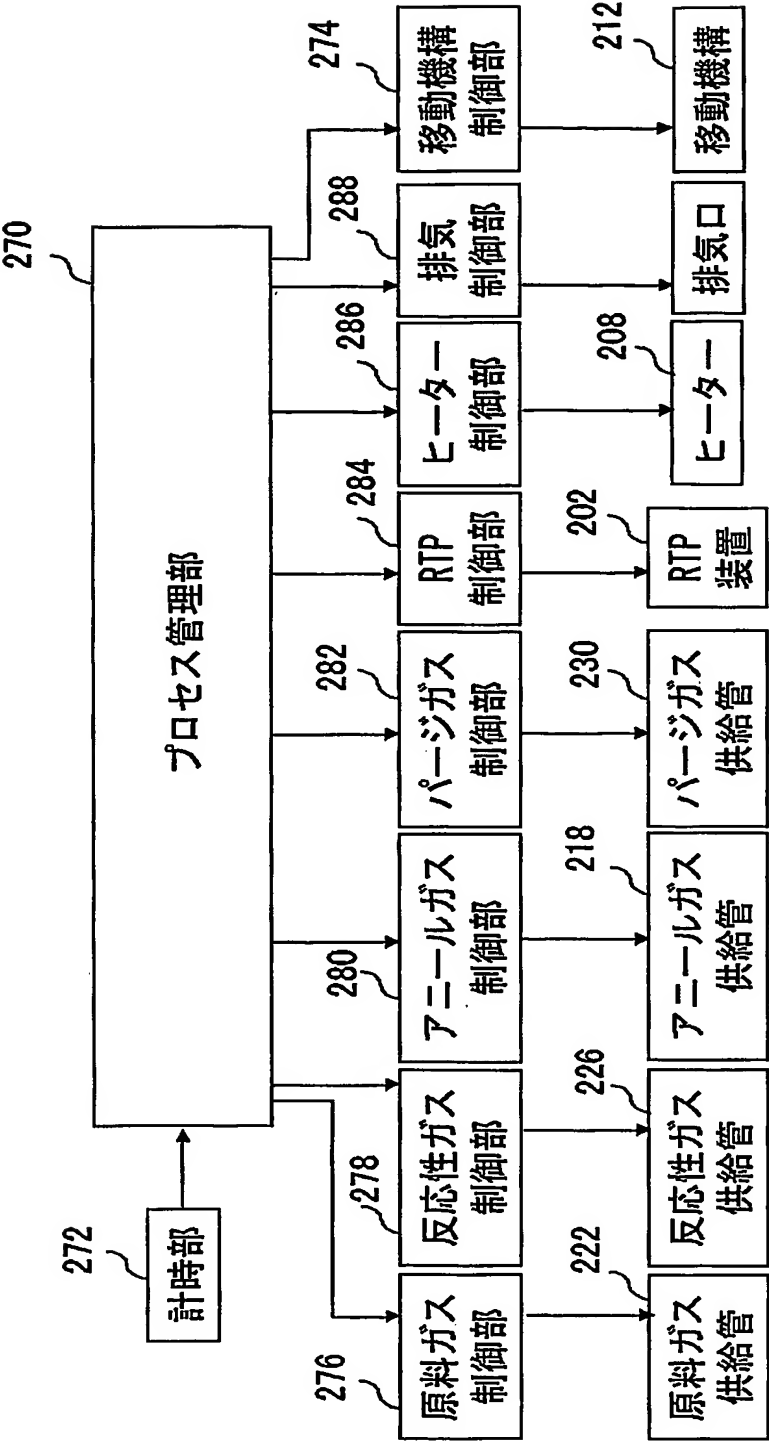
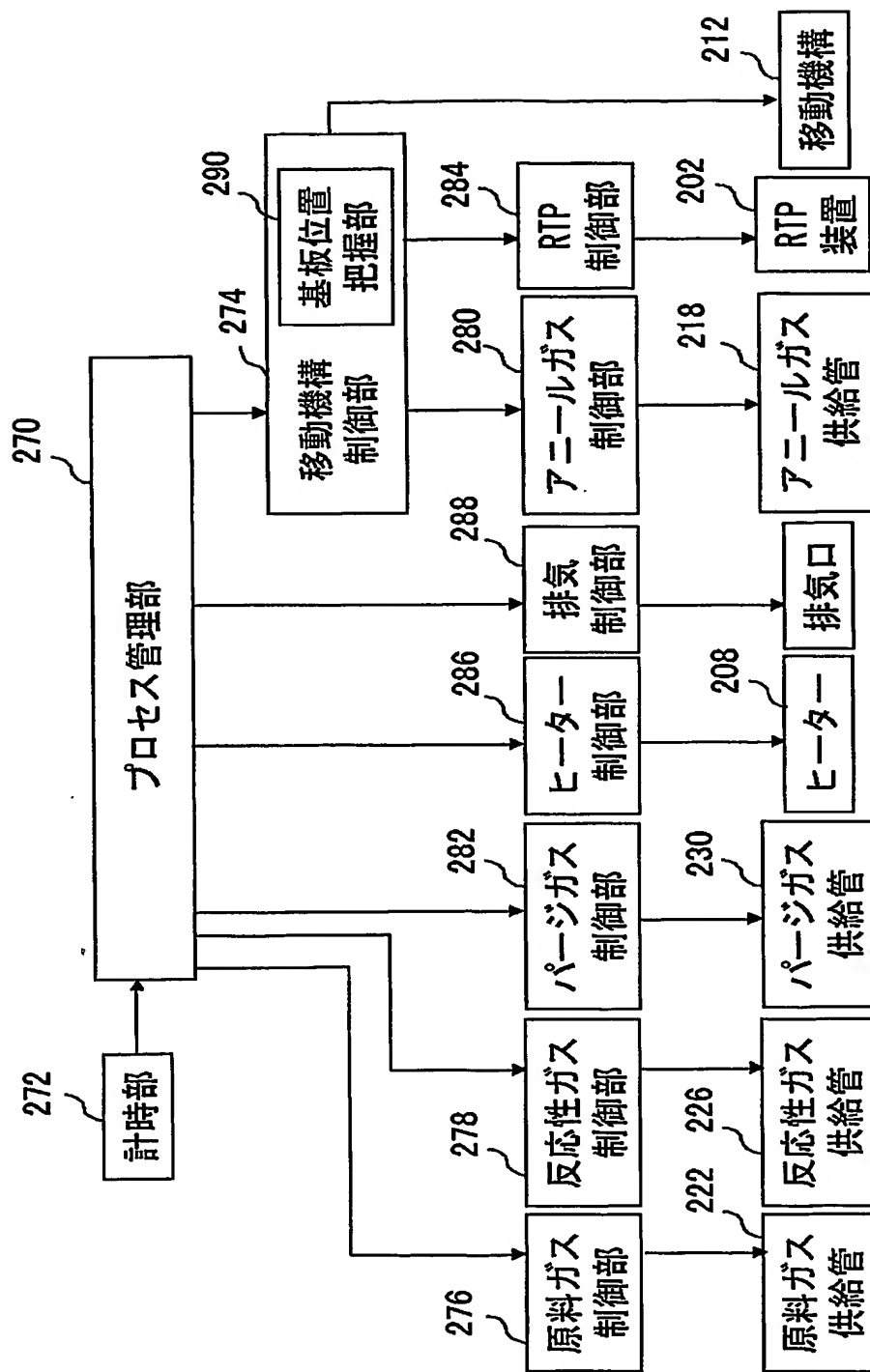


Fig.16



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004076

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/31

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-288283 A (Ricoh Co., Ltd.), 01 November, 1996 (01.11.96), Full text (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 June, 2004 (28.06.04)

Date of mailing of the international search report  
13 July, 2004 (13.07.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

<b>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</b> <p style="text-align: center;">I n t. C l <sup>7</sup> H 0 1 L 2 1 / 3 1</p>		
<b>B. 調査を行った分野</b> 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) <p style="text-align: center;">I n t. C l <sup>7</sup> H 0 1 L 2 1 / 3 1</p>		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
<b>C. 関連すると認められる文献</b>		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 8-288283 A (株式会社リコー), 1996. 1 1. 01, 全文 (ファミリなし)	1-11
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 <p style="text-align: center;">28. 06. 2004</p>		国際調査報告の発送日 <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">13. 7. 2004</p>
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 田代 吉成 電話番号 03-3581-1101 内線 3470